

P2004,0195 WO N

1

## Beschreibung

### Energiezähleranordnung und Verfahren zum Kalibrieren

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Energiezähleranordnung und ein Verfahren zum Kalibrieren der Energiezähleranordnung.

10 Energiezähler dienen zur Erfassung von verbrauchter oder erzeugter elektrischer Energie. Solche Energiezähler werden auch als Stromzähler oder Kilowattstundenzähler bezeichnet.

Bei elektronisch arbeitenden Energiezählern werden normalerweise Spannung und Strom erfasst, digitalisiert und miteinander multipliziert. Nach der Multiplikation steht die momentane elektrische Leistung bereit. Integriert oder akkumuliert man diese elektrische Leistung über der Zeit, so erhält man ein Signal, welches ein Maß für die in einem bestimmten Zeitintervall erzeugte oder verbrauchte elektrische Energie ist.

20

Um zu elektrischer Spannung und elektrischem Strom proportionale Signale zu erhalten, können Spannungsteiler, Spannungswandler, Stromwandler oder andere Mittel zur Signalauskopplung verwendet werden.

25

Bei vielen Anwendungen ist es erforderlich, zumindest in einem der beiden Kanäle zur Erfassung von Spannung und Strom eine galvanische Trennung vorzusehen. Eine solche galvanische Trennung der Stromkreise stellt beispielsweise ein Transformator bereit.

30

Problematisch bei derartigen Transformatoren ist jedoch die von der induktiven Kopplung des Transformators verursachte

P2004,0195 WO N

2

Phasenverschiebung. Die Phasenverschiebung ergibt sich zum einen zwischen dem Ausgangssignal und dem Eingangssignal des Transformators. Zum anderen ergibt sich die Phasenverschiebung aber auch zwischen dem Strom und dem die Spannung repräsentierenden Signal. Dadurch werden jedoch unerwünschte Messfehler bei der Multiplikation von Spannung und Strom verursacht. Zu beachten ist hierbei, dass Spannung und Strom meist nicht als Gleichsignale, sondern vielmehr als Wechselstromsignale mit mehr oder weniger harmonischer Signalform vorliegen.

Die beschriebene Problematik wird noch zusätzlich dadurch verschärft, dass selbst dann, wenn in Spannungs- und Strom-Messkanal jeweils ein transformatorischer Übertrager eingesetzt wird, dennoch eine nicht exakt vorhersehbare Phasenverschiebung zwischen beiden Eingangskanälen durch Fertigungstoleranzen, Temperatureffekte, Alterungseffekte oder andere, unvermeidbare Effekte einer Massenherstellung verursacht werden kann.

Zur Korrektur der beschriebenen, unerwünschten Phasenverschiebung könnten beispielsweise RC-Netzwerke, welche Widerstände und Kondensatoren umfassen, verwendet werden. Diese müssen jedoch üblicherweise als zusätzliche externe Komponenten ausgeführt werden und können normalerweise mit Nachteil nicht integriert werden. Zudem wird die Problematik der fertigungs- und temperaturbedingten Toleranzen dadurch nicht grundsätzlich gelöst.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine mit geringem Aufwand integrierbare Energiezähleranordnung sowie ein Verfahren zum Kalibrieren zu schaffen, derart, dass die Spannung

P2004,0195 WO N

3

und/oder der Strom mit galvanischer Trennung erfasst werden können, ohne dass dadurch Messfehler entstehen.

- Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bezüglich der Anordnung
- 5 durch eine Energiezähleranordnung gelöst, aufweisend
- einen ersten Eingang zum Zuführen eines von einer Spannung abgeleiteten Signals, an den ein erster Analog/Digital-Wandler angeschlossen ist, welcher einen Ausgang hat,
  - einen zweiten Eingang zum Zuführen eines von einem Strom

10 abgeleiteten Signals, an den ein zweiter Analog/Digital-Wandler angeschlossen ist, welcher einen Ausgang hat,

  - einen Multiplizierer, der die Ausgänge der beiden Analog/Digital-Wandler miteinander verknüpft,
  - einen Phasenauswertungsblock mit zwei Eingängen, die mit

15 den Ausgängen der beiden Analog/Digital-Wandler gekoppelt sind, und mit einem Ausgang, der mit einem Steuereingang eines Phasenkorrekturblocks gekoppelt ist, und

  - den Phasenkorrekturblock, der an einen Ausgang eines der

20 beiden Analog/Digital-Wandler gekoppelt ist, ausgelegt zur Korrektur einer Phasenabweichung des digitalisierten, von einem Strom oder einer Spannung abgeleiteten Signals.

Gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip wird eine Phasenverschiebung zwischen dem Eingang der Energiezähleranordnung, an dem

25 ein von einer elektrischen Spannung abgeleitetes Signal zugeführt wird, und demjenigen Eingang der Energiezähleranordnung, an dem ein von einem elektrischen Strom abgeleitetes Signal zugeführt wird, erfasst und kompensiert. Die Signaleingänge zum Zuführen des von der Spannung abgeleiteten Signals und des von dem Strom abgeleiteten Signals können auch

30 als Eingangskanäle, nämlich Spannungskanal und Stromkanal, bezeichnet werden.

Die Phasenauswertung und -korrektur wird dabei mit Vorteil vollständig in der digitalen Signalverarbeitung durchgeführt.

Mit der vorgeschlagenen Messung und Kompensation der Phasenverschiebung zwischen beiden Kanälen ist es mit Vorteil möglich, die Kanäle voneinander und/oder zumindest einen Eingang von der Energiezähleranordnung galvanisch zu isolieren. Durch den Abgleich der Phasenverschiebung werden Messfehler der Anordnung vermieden. Dabei sind mit Vorteil keinerlei externe Kompensationsnetzwerke wie Widerstands-Kapazitätsnetzwerke zur Phasenverschiebung erforderlich.

Der Phasenauswertungsblock sowie der Phasenkorrekturblock bewirken mit Vorteil ohne externe Komponenten eine sogenannte On-Chip-Phasenkorrektur der Energiezähleranordnung.

Beispielsweise kann in einer Kalibrier-Betriebsart die Phasenabweichung zwischen beiden Eingangskanälen dadurch gemessen werden, dass ein identisches Eingangssignal an beide Eingänge angelegt wird. Bevorzugt wird ein Sinus-Signal an beide Eingänge der Energiezähleranordnung in der Kalibrier-Betriebsart angelegt.

Dabei können mit Vorteil beispielsweise die Null-Durchgänge beider, digitalisierter Signale mit dem Phasenauswertungsblock verglichen werden. Alternativ ist auch eine Auswertung der jeweiligen Phasenlagen der Signal-Spitzenwerte der digitalisierten Signale, englisch: peak, mit Vorteil möglich.

Somit ist es möglich, den relativen zeitlichen Abstand der Null-Durchgänge voneinander zu bestimmen. Die Berechnung des Phasenunterschieds aus dem zeitlichen Abstand der Null-Durchgänge der beiden Signale kann mit Vorteil beispielsweise

P2004,0195 WO N

5

durch eine Logik-Einheit in dem Phasenauswertungsblock bewirkt werden. Mit der ermittelten Phasendifferenz ist es anschließend problemlos möglich, in einem der beiden Kanäle eine Korrektur genau dieser Phasendifferenz durchzuführen.

5

Der Phasenkorrekturwert kann mit Vorteil im Phasenauswertungsblock abgespeichert werden, damit der Korrekturwert auch nach der Kalibrier-Betriebsart in einem Normalbetrieb zur Verfügung steht.

10

Dadurch, dass zur Phasenkorrektur keine externen Bauteile benötigt werden, ist die Implementierung der vorgeschlagenen Energiezähleranordnung mit Vorteil sehr kostengünstig möglich. Daher ist die vorgeschlagene, integrierbare Energiezähleranordnung besonders gut für eine Massenherstellung geeignet.

Ein zusätzlicher Vorteil ist dadurch gegeben, dass die Zeit, die zur Kalibrierung der Energiezähleranordnung nach dem vorgeschlagenen Prinzip benötigt wird, besonders gering ist. Prinzipiell kann der Phasenunterschied zwischen den beiden Eingangskanälen innerhalb lediglich einer Periodendauer des Eingangssignals, bevorzugt des Testsignals, bestimmt werden. Die Periodendauer kann dabei in einfacher Weise aus dem Kehrwert der jeweiligen Signalfrequenz berechnet werden. Die Signalfrequenz bei Energiezählern beträgt üblicherweise 50 Hertz oder 60 Hertz, je nach nationaler Standardisierung.

Gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip wird eine Phasenabweichung zwischen den bereits als Digitalsignale vorliegenden Eingangssignalen der Energiezähleranordnung erfasst. Die Korrektur des Phasenfehlers erfolgt ebenfalls im Bereich der digitalen Signalverarbeitung.

P2004,0195 WO N

6

Um eine besonders schnelle Ermittlung der Phasenabweichung zwischen den Eingangskanälen der Energiezähleranordnung zu erzielen, ist es vorteilhaft, den Takteingang des Phasenauswertungsblocks mit den Takteingängen der Analog-/Digital-Wandler zu verbinden und so für die Phasenauswertung das Taktsignal der Analog-/Digital-Wandler mit zu verwenden, das ohnehin zum Betrieb der Energiezähleranordnung benötigt wird.

10 Der Phasenauswertungsblock umfasst mit Vorteil Mittel zum dauerhaften Speichern eines Phasenkorrekturwertes. Das Mittel zum dauerhaften Speichern eines Phasenkorrekturwertes ist bevorzugt als nicht-flüchtiger Speicher, beispielsweise als EEPROM, ausgebildet.

15 Durch das dauerhafte Speichern des Phasenkorrekturwertes steht der in einer Kalibrierbetriebsart ermittelte Phasenkorrekturwert auch noch nach einem Aus- und Wiedereinschalten der Energiezähleranordnung zur Verfügung.

20 Die Analog-/Digital-Wandler sind mit Vorteil jeweils als Sigma-Delta-Wandler oder als Sigma-Delta-Modulator ausgebildet. Dadurch ist eine Abtastung der Eingangssignale, die von Spannung und Strom abgeleitet sind, mit hoher Auflösung bei  
25 guter Integrierbarkeit möglich.

Am Ausgang des Multiplizierers ist mit Vorteil ein Integrator vorgesehen, der das vom Multiplizierer bereitgestellte Signal integriert. Der Integrator kann mit Vorteil als Akkumulator  
30 ausgebildet sein.

Der Integrator ist mit Vorteil so ausgelegt, dass er das vom Multiplizierer bereitgestellte Signal, welches die momentane

elektrische Leistung repräsentiert, zu einem Signal integriert, welches ein Maß für die verbrauchte oder erzeugte elektrische Energie ist.

- 5 Weiter bevorzugt sind der erste und der zweite Analog-/Digital-Wandler, der Phasenkorrekturblock und der Phasenauswertungsblock in integrierter Schaltungstechnik ausgebildet.

- Auch die Sigma-Delta-Wandler sowie weitere Funktionsblöcke  
10 und/oder Bauteile in der Signalverarbeitungskette der Energiezähleranordnung können, soweit vorhanden, mit Vorteil in integrierter Schaltungstechnik ausgebildet sein. Die Energiezähleranordnung kann mit Vorteil in einem einzigen integrierten Halbleiterschaltkreis implementiert sein.

15

- Am ersten Eingang der Energiezähleranordnung und/oder am zweiten Eingang der Energiezähleranordnung kann mit Vorteil der Ausgang eines Übertragers angeschlossen sein, der eine galvanische Trennung bewirkt. Ein derartiger, nicht-galvanischer Übertrager kann mit Vorteil ein Transformator sein.  
20

- Die verhältnismäßig großen Phasenabweichungen derartiger Koppelglieder, welche eine galvanische Trennung der Eingänge bewirken, können mit dem vorgeschlagenen Prinzip in besonders  
25 einfacher und wirkungsvoller sowie höchgenauer Weise kompensiert werden.

- Bevorzugt ist ein Mittel zur Erzeugung eines Testsignals vorgesehen, das mit dem ersten und dem zweiten Eingang der Energiezähleranordnung gekoppelt ist.  
30

Soweit Einkoppelglieder vorgesehen sind, wie beispielsweise transformatorische Übertrager, ist das Mittel zur Erzeugung

P2004,0195 WO N

8

des Testsignals mit Vorteil so ausgebildet, dass das Testsignal am Eingang des Übertragers bzw. Einkoppelgliedes eingespeist wird. Dabei kann es vorteilhaft sein, eine Umschaltbarkeit der Eingänge zwischen einer Nutzsignalbetriebsart und einer Kalibrierbetriebsart, in der die Eingänge mit dem Mittel zur Erzeugung des Testsignals verbunden sind, vorzusehen.

Bevorzugt ist den Analog/Digital-Wandlern je ein digitales Filter nachgeschaltet. Die digitalen Filter haben mit Vorteil je einen Steuereingang zur Steuerung der Abtastrate des digitalisierten Signals. Insbesondere kann zwischen der Normal-Betriebsart und der Kalibrier-Betriebsart mit Vorteil jeweils eine Veränderung der Abtastrate durchgeführt werden.

Der Phasenkorrekturblock kann mit Vorteil eines der digitalen Filter umfassen.

Das Mittel zur Erzeugung des Testsignals kann mit Vorteil in einer Kalibrierbetriebsart aktivierbar sein, während es in der Normal-Betriebsart, das heißt in dem eigentlichen Energie-Messbetrieb, deaktiviert werden kann.

Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Kalibrieren einer Energiezähleranordnung gelöst mit den Schritten:

- Einkoppeln eines Testsignals an zwei Eingängen einer Energiezähleranordnung,
- Digitalisieren des an den beiden Eingängen anliegenden Testsignals,
- Ermitteln einer Phasenabweichung zwischen den beiden digitalisierten Testsignalen,



P2004,0195 WO N

9

- Erzeugen eines Phasenkorrektursignals und Beaufschlagen eines der beiden digitalisierten Testsignale mit dem Phasenkorrektursignal.

- 5 Die Ermittlung der Phasenabweichung kann beispielsweise durch Vergleich der Phasenlagen der Signal-Nulldurchgänge der beiden Signale erfolgen.

- Alternativ kann die Phasenabweichung durch einen Vergleich  
10 der Phasenlagen der Signal-Spitzenwerte miteinander ermittelt werden.

- Dabei erfolgen sowohl die Bestimmung der Phasenlage, als auch die Ermittlung der Phasenabweichung vollständig in digitaler  
15 Signalverarbeitung.

- Es können auch andere Verfahren zur Ermittlung einer Phasenabweichung zwischen zwei digitalisierten Signalen zum Einsatz kommen, die in digitaler Signalverarbeitungstechnik implementierbar sind.  
20

- Die Ermittlung der Phasenabweichung kann in besonders präziser Weise dadurch erfolgen, dass in der Kalibrier-Betriebsart die Abtastrate der digitalisierten Signale beeinflusst wird.  
25

- Beispielsweise kann in der Kalibrier-Betriebsart die Sigma-Delta-Überabtastrate reduziert werden, da ein geringerer Dynamikbereich vorliegt. Es liegt eine größere Zahl von Abtastwerten in einer 50-Hertz-Taktperiode vor, so dass die  
30 Genauigkeit der Ermittlung der Phasenabweichung erhöht ist.

Mit Vorteil ist nach der Digitalisierung eine digitale Filterung mit einstellbarer Dezimationsrate vorgesehen.

P2004,0195 WO N

10

Insgesamt bietet das vorgeschlagene Prinzip den Vorteil einer deutlichen Kostenreduzierung, da zur Phasenkorrektur keine externen Komponenten erforderlich sind. Zudem ist die Durchführung der Kalibrierung in besonders kurzer Zeit möglich, sogar innerhalb einer 50-Hertz- oder 60-Hertz-Taktperiode.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen des vorgeschlagenen Prinzips sind Gegenstand der Unteransprüche.

10

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel anhand der Figur näher erläutert.

Es zeigt:

15

die Figur ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der vorgeschlagenen Energiezähleranordnung.

Die Figur zeigt eine Energiezähleranordnung mit einem ersten Eingang 1 und einem zweiten Eingang 2. Der erste Eingang 1 ist ausgelegt zum Zuführen eines von einer elektrischen Spannung  $V$  abgeleiteten Signals. Der zweite Eingang 2 ist ausgelegt zum Zuführen eines von einem elektrischen Strom  $I$  abgeleiteten Signals. Dabei sind die elektrische Spannung  $V$  und der elektrische Strom  $I$  auf das gleiche Signal bezogen. An den ersten Eingang 1 ist der Eingang eines ersten Analog-/Digital-Wandlers 3 angeschlossen. An den zweiten Eingang 2 ist der Eingang eines zweiten Analog-/Digital-Wandlers 4 angeschlossen. Die Analog-/Digital-Wandler 3, 4 sind jeweils als Sigma-Delta-Modulator ausgeführt. Der Ausgang des ersten Analog-/Digital-Wandlers 3 ist über ein erstes digitales Filter 5 mit dem Eingang eines Multiplizierers 7 verbunden. Der Ausgang des zweiten Analog-/Digital-Wandlers 4 ist über ein

P2004, 0195 WO N

11

zweites digitales Filter mit einem weiteren Eingang des Multiplizierers 7 verbunden. Das zweite digitale Filter umfasst einen Phasenkorrekturblock 6, der einen Steuereingang hat. An den Ausgang des Multiplizierers 7 ist ein Integrator 8 angeschlossen, der ein an seinem Eingang anliegendes Signal, welches ein Maß für die momentane elektrische Leistung  $P$  ist, in ein Signal konvertiert, welches die elektrische Energie  $E$  repräsentiert. Weiterhin ist ein Phasenauswertungsblock 9 vorgesehen.

10

Der Phasenauswertungsblock 9 weist einen Phasenlagen-Detektor 10 zur Bestimmung der jeweiligen Phasenlagen der Signal-Spitzenwerte auf. Der Phasenlagen-Detektor 10 hat zwei Eingänge, die mit den Ausgängen des digitalen Filters 5 und des Phasenkorrekturblocks 6 verbunden sind. Zwei Ausgänge des Phasenlagen-Detektors 10 sind mit zwei Eingängen eines Phasendifferenz-Detektors 11 verbunden, der zur Bestimmung der Phasenabweichung dient. Der Phasendifferenz-Detektor hat einen mehrere Bit breiten Ausgang. Der Ausgang des Phasendifferenz-Detektors 11 ist mit dem Eingang eines Steuerblocks 12 verbunden, der zur Ansteuerung des Phasenkorrekturblocks 6 mit dem Steuereingang desselben verbunden ist.

Der Steuerblock 12 umfasst einen nicht-flüchtigen Speicher 18, in dem die gemessene Phasenabweichung oder der zugehörige Korrekturwert dauerhaft gespeichert werden können.

Eine Abtastratensteuerung 19 hat zwei Ausgänge, die mit jeweiligen Steuereingängen des Phasenkorrekturblocks 6 mit digitalem Filter und dem zweiten digitalen Filter 5 verbunden sind. Dadurch kann die Abtastrate des zweiten digitalen Filters 5 und des Phasenkorrekturblocks 6 mit digitalem Filter

P2004,0195 WO N

12

festgelegt werden. Die Einstellung der Abtastrate erfolgt dabei in Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebsart.

Die bisher beschriebene Energiezähleranordnung ist in integrierter Schaltungstechnik auf einem einzigen Chip angeordnet.

Zur Auskopplung der elektrischen Spannung ist ein Spannungsteiler 14 vorgesehen, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang 1 der Energiezähleranordnung verbunden ist und dessen Eingang einen Spannungseingang 13 zur Zuführung der elektrischen Spannung bildet. Zur Auskopplung des elektrischen Stroms ist ein Transformator 16 vorgesehen, der zwischen einem Stromeingang 15 und dem zweiten Eingang 2 der Energiezähleranordnung geschaltet ist. Der Transformator 16 stellt eine galvanische Entkopplung zwischen dem Stromeingang 15 und dem zweiten Eingang 2 bereit.

An den Spannungseingang 13 und den Stromeingang 15 ist der Ausgang eines Testsignalgenerators 17 angeschlossen. Der Testsignalgenerator 17 stellt ein harmonisches, vorliegend sinusförmiges Signal mit einer Nennfrequenz von 50 oder 60 Hertz bereit, je nach Länderspezifikation.

Durch den Spannungsteiler 14 und den Transformator 16 ergeben sich für die beiden Eingangskanäle des Energiezählers unterschiedliche Phasenverschiebungen. Von besonderer Bedeutung ist der relative Phasenunterschied  $\Delta\phi$  zwischen den beiden Eingangskanälen an den Eingängen 1, 2 der Energiezähleranordnung. Diese Phasenabweichung  $\Delta\phi$  wird mit dem Phasenauswertungsblock 9 ermittelt.

Die Ermittlung der Phasenabweichung  $\Delta\phi$  erfolgt in einer Kalibrier-Betriebsart dadurch, dass der Testsignalgenerator

P2004,0195 W0 N

13

17 aktiviert wird und demnach an dem Spannungseingang 13 und dem Strömeingang 15 jeweils ein phasengleiches, sinusförmiges Signal einspeist. Dieses Signal erfährt in dem Spannungsteiler 14 und dem Transformator 16 eine unterschiedliche  
5 Phasenverschiebung.

Die relative Phasenabweichung  $\Delta\phi$  an den Eingängen 1, 2 wird in dem Phasenauswertungsblock 9 in den Detektoren 10, 11 dadurch ermittelt, dass die Zeitspanne zwischen den Null-Durchgängen oder Spitzenwerten der beiden Signale an den Eingängen  
10 des Phasenauswertungsblockes 9 erfasst und in eine korrespondierende Phasenabweichung umgerechnet wird. Ein entsprechender Korrekturwert wird von dem Steuerblock 12 bereitgestellt und am Ausgang des Phasenauswertungsblockes 9 abgegeben. Da-  
15 mit wird ein Phasenkorrekturblock 6 im digitalen Filter angesteuert, der den Phasenunterschied  $\Delta\phi$  gerade ausgleicht.

Da die Erfassung des Stroms in der Normal-Betriebsart über einen großen Dynamikbereich exakt erfolgen muss, ist die  
20 Überabtastrate der Sigma-Delta-Modulatoren verhältnismäßig hoch. Dadurch ist auch ein geeignetes Signal-Rausch-Verhältnis erreichbar.

In der Kalibrier-Betriebsart, in der ein harmonisches Testsignal eingespeist wird, ist das Erfordernis eines großen  
25 Dynamikbereichs nicht gültig. Vielmehr müssen Peaks oder Nulldurchgänge des digitalisierten Test-Signals in beiden Kanälen erfasst und verglichen werden, um eine Phasenabweichung ermitteln zu können.

30

Aufgrund der Tatsache, dass in der Kalibrier-Betriebsart ein geringerer Dynamikbereich gefordert ist, kann die Überabtastrate der Modulatoren reduziert werden. Dadurch sind mehr

## 14

Abtastwerte innerhalb einer Taktperiode verfügbar. Die Genauigkeit der Erkennung der Phasenabweichung wird durch die Frequenz des Abtast-Taktes bestimmt.

- 5 Bei einem 50 Hz-Testsignal, einer Überabtastrate von 16 und einer Abtastfrequenz von 28 kHz ergeben sich 559 Abtastwerte in einer Taktperiode des Testsignals. Ein Abtastwert entspricht dabei 0,64 Grad, nämlich dem Quotienten von 360 und 559. Bei einer Phasenverschiebung von 0,64 Grad zwischen
- 10 Spannungs- und Stromkanal wäre die gemessene, elektrische Leistung 0,00054 dB unter dem Optimum. Dies entspricht für einen Leistungsfaktor von 1 einem relativen Fehler von 0,00624 %, der vernachlässigbar ist. Die Genauigkeit der Phasenkorrektur kann durch entsprechende Wahl der Abtastwerte
- 15 noch weiter erhöht werden.

- Der Leistungsfaktor, englisch: power factor, ist vorliegend, in Übereinstimmung mit üblicher Konvention, so definiert, dass bei einem Leistungsfaktor von 1 Strom und Spannung phasengleich sind, also zwischen Strom und Spannung eine Phasenverschiebung von 0 Grad vorliegt. Bei einer Phasenabweichung zwischen Strom und Spannung von beispielsweise 60 Grad beträgt der Leistungsfaktor demnach 0,5 und entspricht damit dem Kosinus der Phasendifferenz.
- 20

25

Der relative Fehler berechnet sich demnach bei einem Leistungsfaktor von 1 und einer Phasenverschiebung von 0,64 Grad nach der Vorschrift

30

$$\left(1 - \frac{\cos(0^\circ - 0,64^\circ)}{\cos 0^\circ}\right) \cdot 100 = 0,00624 \% .$$

P2004,0195 WO N

15

Die Kalibrierbetriebsart wird einmalig bei der Herstellung der Energiezähleranordnung aktiviert.

5 Mit dem vorgeschlagenen Prinzip wird eine automatische Phasenkorrektur für integrierte Energiezähleranordnungen bereitgestellt, welche vollständig integriert und vollständig in digitaler Signalverarbeitung realisiert ist.

10 Die vorgeschlagene Energiezähleranordnung zeichnet sich außerdem durch eine geringe Kalibrierzeit sowie geringe Kosten bei der Herstellung aus. Zudem ist eine galvanische Isolierung zumindest eines Kanals am Eingang der Energiezähleranordnung möglich, ohne dass dadurch Messfehler auftreten. Die galvanische Isolierung ist besonders dann von hoher Bedeutung, wenn mehr als ein Kanal gemessen wird, wie bei  
15 elektrischen Energiezählern üblich.

Insbesondere kann eine Phasenverschiebung, welche von Transformatoren unvermeidbar verursacht wird, kompensiert werden.  
20 Dabei werden keine zusätzlichen externen Komponenten wie Widerstands-Kapazitätsnetzwerke zur Phasenkorrektur benötigt.

Durch den nicht-flüchtigen Speicher 18 steht der Phasenkorrekturwert auch noch dann bereit, wenn der Energiezähler abgeschaltet ist.  
25

Da die Bestimmung der Phasenabweichung grundsätzlich innerhalb einer Periodendauer möglich ist, kann mit dem vorgeschlagenen Prinzip eine besonders schnelle Kalibrierung vorgenommen werden.  
30

Der Phasenauswertungsblock 9 hat mit Vorteil einen Takteingang, der mit den Takteingängen der Sigma-Delta-Modulato-

P2004,0195 WO N

16

ren 3, 4 verbunden ist. Dadurch können die Taktflanken zwischen zwei Null-Durchgängen gezählt und so die Phasenabweichung in einfacher und genauer Weise ermittelt werden.

- 5 Gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip wird im digitalen Signalbereich eine Erfassung der relativen Phasenabweichung an den beiden Ausgängen der Analog/Digital-Wandler durchgeführt. Die Korrektur der Phasenabweichung erfolgt ebenfalls in der digitalen Signalverarbeitung.

10



P2004,0195 WO N

17

## Bezugszeichenliste

- 1 Eingang
- 2 Eingang
- 5 3 Analog-/Digital-Wandler
- 4 Analog-/Digital-Wandler
- 5 digitales Filter
- 6 digitales Filter mit Phasenkorrektur
- 7 Multiplizierer
- 10 8 Integrator
- 9 Phasenauswertungsblock
- 10 Phasenlagen-Detektor
- 11 Phasendifferenz-Detektor
- 12 Steuerblock
- 15 13 Spannungseingang
- 14 Spannungsteiler
- 15 Stromeingang
- 16 Transformator
- 17 Testsignalgenerator
- 20 18 nicht flüchtiger Speicher
- 19 Abtastatensteuerung
- I Strom
- E Energie
- P Leistung
- 25 V Spannung
- $\Delta\phi$  Phasenabweichung

P2004,0195 WO N

18

## Patentansprüche

1. Energiezähleranordnung, aufweisend
  - einen ersten Eingang (1) zum Zuführen eines von einer Spannung (V) abgeleiteten Signals, an den ein erster Analog/Digital-Wandler (3) angeschlossen ist, welcher einen Ausgang hat,
  - einen zweiten Eingang (2) zum Zuführen eines von einem Strom (I) abgeleiteten Signals, an den ein zweiter Analog/Digital-Wandler (4) angeschlossen ist, welcher einen Ausgang hat,
  - einen Multiplizierer (7), der die Ausgänge der beiden Analog/Digital-Wandler (3, 4) miteinander verknüpft,
  - einen Phasenauswertungsblock (9) mit zwei Eingängen, die mit den Ausgängen der beiden Analog/Digital-Wandler (3, 4) gekoppelt sind, und mit einem Ausgang, der mit einem Steuerereingang eines Phasenkorrekturblocks (6) gekoppelt ist, und
  - den Phasenkorrekturblock (6), der an einen Ausgang eines der beiden Analog/Digital-Wandler (4) gekoppelt ist, ausgelegt zur Korrektur einer Phasenabweichung ( $\Delta\phi$ ) des digitalisierten, von einem Strom (I) oder einer Spannung (V) abgeleiteten Signals.
2. Energiezähleranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasenauswertungsblock (9) einen Steuerblock (12) umfasst zur Ansteuerung des Phasenkorrekturblocks (6) in Abhängigkeit von der Phasenabweichung ( $\Delta\phi$ ).
3. Energiezähleranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

P2004,0195 WO N

19

der Steuerblock (12) Mittel zum dauerhaften Speichern eines Phasenkorrekturwertes (18) umfasst.

4. Energiezähleranordnung nach Anspruch 2 oder 3,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Phasenauswertungsblock (9) einen Phasendifferenz-  
Detektor (11) mit zwei Eingängen, die mit den Ausgängen der  
beiden Analog/Digital-Wandler (3, 4) gekoppelt sind, und mit  
einem Ausgang, der mit dem Steuerblock (12) verbunden ist,  
10 umfasst.

5. Energiezähleranordnung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Phasenauswertungsblock (9) einen Phasenlagen-  
15 Detektor (10) umfasst, der zwischen die Ausgänge der beiden  
Analog/Digital-Wandler (3, 4) und Eingänge des Phasendiffe-  
renz-Detektors (11) gekoppelt ist.

6. Energiezähleranordnung nach Anspruch 5,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Phasenlagen-Detektor (10) zur Ermittlung von Signal-  
Spitzenwerten ausgelegt ist.

7. Energiezähleranordnung nach Anspruch 5,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Phasenlagen-Detektor (10) zur Ermittlung von Signal-  
Nulldurchgängen ausgelegt ist.

8. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste und der zweite Analog/Digital-Wandler (3, 4)  
jeweils als Sigma-Delta-Wandler ausgebildet sind.

P2004,0195 WO N

20

9. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Integrator (8) vorgesehen ist, der dem Multiplizierer (7) nachgeschaltet ist.

5

10. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Analog/Digital-Wandler (3, 4), der Phasenkorrekturblock (6) und der Phasenauswertungsblock (9) in integrierter Schaltungstechnik ausgebildet sind.

11. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass am ersten Eingang (1) und/oder am zweiten Eingang (2) ein nicht-galvanisch koppelnder Übertrager (16) zur Einkopplung des von einer Spannung (V) und/oder von einem Strom (I) abgeleiteten Signals angeschlossen ist.

12. Energiezähleranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der nicht-galvanisch koppelnde Übertrager (16) als Transformator ausgebildet ist.

13. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zur Erzeugung eines Testsignals (17) vorgesehen ist, das mit dem ersten und dem zweiten Eingang (1, 2) der Energiezähleranordnung gekoppelt ist zur Zuführung des Testsignals in einer Kalibrier-Betriebsart.

30

P2004,0195 WO N

21

14. Energiezähleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasenkorrekturblock (6) ein erstes digitales Filter umfasst, und dass ein zweites digitales Filter (5) zwischen den Ausgang des ersten Analog/Digital-Wandlers (3) und den Multiplizierer (7) geschaltet ist.

15. Energiezähleranordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zur Abtastatensteuerung (19) vorgesehen ist, das mit je einem Steuereingang des Phasenkorrekturblocks (6) und des zweiten digitalen Filters (5) gekoppelt ist.

16. Verfahren zum Kalibrieren einer Energiezähleranordnung mit den Schritten:

- Einkoppeln eines Testsignals an zwei Eingängen (1, 2) einer Energiezähleranordnung,
- Digitalisieren des an den beiden Eingängen (1, 2) anliegenden Testsignals,
- Ermitteln einer Phasenabweichung zwischen den beiden digitalisierten Testsignalen ( $\Delta\phi$ ),
- Erzeugen eines Phasenkorrektursignals und Beaufschlagen eines der beiden digitalisierten Testsignale mit dem Phasenkorrektursignal.

25

17. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Ermitteln der Phasenlage der beiden digitalisierten Testsignale durch Messung der Signal-Spitzenwerte der digitalisierten Testsignale zur Ermittlung der Phasenabweichung ( $\Delta\phi$ ).

30

P2004,0195 WO N

22

18. Verfahren nach Anspruch 16,  
gekennzeichnet durch

5 Ermitteln der Phasenlage der beiden digitalisierten Test-  
signale durch Messung der Signal-Nulldurchgänge der digitali-  
sierten Testsignale zur Ermittlung der Phasenabweichung  
( $\Delta\phi$ ).

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
gekennzeichnet durch

10 jeweiliges, digitales Filtern der beiden digitalisierten  
Testsignale vor der Ermittlung der Phasenabweichung ( $\Delta\phi$ ).

20. Verfahren nach Anspruch 19,  
gekennzeichnet durch

15 Einstellen der Abtastrate der digitalen Filterung der beiden  
digitalisierten Testsignale vor der Ermittlung der Phasen-  
abweichung ( $\Delta\phi$ ).

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20,

20 gekennzeichnet durch

induktives Einkoppeln des Testsignals an zumindest einem Ein-  
gang (2) der Energiezähleranordnung.

P2004,0195 WO N

23

## Zusammenfassung

Es ist eine Energiezähleranordnung mit zwei Eingängen (1, 2) angegeben, an denen Signale zugeführt werden, welche von einer elektrischen Spannung (V) und einem elektrischen Strom (I) abhängig sind. Diese werden in Analog-/Digital-Wandlern (3, 4) digitalisiert und miteinander verknüpft. Zur Korrektur von Phasenabweichungen, welche durch Mittel zur Einkopplung der Signale (14, 16) verursacht werden können, ist ein Phasenauswertungsblock (9) mit Ausgängen der Analog/Digital-Wandler gekoppelt. Der Phasenauswertungsblock (9) steuert einen Phasenkorrekturblock (6) am Ausgang eines Analog/Digital-Wandlers (4) an. Die Phasenauswertung kann in der digitalen Signalverarbeitung erfolgen. Hierdurch ist mit geringem Aufwand eine kostengünstige Kompensation von Phasenfehlern möglich, so dass bei Vermeidung von Messfehlern eine galvanische Trennung am Eingang möglich ist. Die beschriebene Energiezähleranordnung ist besonders zur Implementierung in integrierter Schaltungstechnik geeignet.

20

Figur

